

EP 03 / 142 52



RECEIVED	
16 MAR 2004	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 15 990.8

**Anmeldetag:** 07. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Werth Messtechnik GmbH,  
35394 Gießen/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum scannenden Messen einer Kontur  
eines Werkstücks

**IPC:** G 01 B 11/245

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 22. Januar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Klostermeyer

Werth Messtechnik GmbH  
Siemensstr. 19

35394 Gießen

## Beschreibung

### Verfahren zum scannenden Messen einer Kontur eines Werkstücks

- 10 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum scannenden Messen bzw. Erfassen einer Kontur bzw. Geometrie eines Werkstücks.

Das Erfassen von Konturen zur Messung von Werkstücksgeometrien ist eine der typischen Aufgaben von Koordinatenmessgeräten. Es liegt das Problem zu Grunde, dass Konturen von Werkstücken mit Sollkonturen verglichen bzw. zur Steuerung von Werkzeugmaschinen für das Kopieren von Teilen herangezogen werden sollen. Es ist gleichfalls erforderlich, Meisterteile mit weiteren gefertigten Teilen aus diesem Wege zu vergleichen. Hierzu Verwendung finden derzeit Verfahren mit sogenannten messenden Tastsystemen, bei denen mit einem Taster kontinuierlich oder schrittweise die gesuchte Werkstückskontur abgefahren und so Messpunkte erfasst werden. Der Nachteil des Verfahrens liegt darin, dass filigrane Konturen auf Grund der relativ hohen notwendigen Größe der Tastelemente nur begrenzt scannbar sind. Es sind ferner Verfahren bekannt, bei denen mittels optoelektronischer Bildverarbeitung Konturen im Durch- oder Auflichtverfahren gescannt werden. Der Nachteil dieser Verfahren liegt darin, dass nur jeweils die oberen Kanten von Konturen gemessen werden können, nicht jedoch z.B. die Kontur in der Mitte der Flanke eines Objektes wie Zahnrades.

Für das Messen filigraner 3D-Objekte sind taktile optische Taster bekannt, wie diese in der EP 0 988 505 offenbart sind. Auf Grund des Wirkprinzips lassen sich hiermit extrem kleine Tasterkonfigurationen realisieren. Der Einsatz solcher Taster für Scanningverfahren ist auf Grund des flexiblen Verhaltens der Tasterstifte nicht immer optimal möglich. Ein Regeln des für das Scanning erforderlichen Abfahrens der Teilekontur ist auf Grund der springenden Messergebnisse der Mikrotaster (z.B. in Folge von Stick-Slip-Effekten) nur schwierig realisierbar.

10 Aus dem Sonderdruck „Kontrolle 5/94“, Werth Messtechnik GmbH, Gießen, ist ein fotoelektronisches Kontur-Scanning bekannt, bei dem eine CCD-Kamera zum Einsatz gelangt, wodurch pro Antastvorgang mehrere Tausend Messpunkte aufgenommen werden können.

15 Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass mit hoher Präzision und Geschwindigkeit die Kontur eines Objektes präzise insbesondere auch im Flankenbereich gemessen werden kann.

20 Das Problem wird im Wesentlichen dadurch gelöst, dass die Kontur bzw. Geometrie des Werkstücks mit Hilfe von zumindest zwei Sensoren erfasst wird und dass gewonnene Informationen mindestens eines Sensors zur Beeinflussung mindestens eines anderen Sensors in seinen Aktionen benutzt werden. Dabei kann als zumindest ein Sensor ein Bildverarbeitungssensor verwendet werden. Auch besteht die Möglichkeit, dass als zumindest ein Sensor ein berührend messender Taster verwendet wird. Nach einem weiteren Vorschlag ist vorgesehen, dass als zumindest ein Sensor ein berührungslos arbeitender Abstandssensor verwendet wird. Als einer der Sensoren kommt auch ein faseroptischer Taster in Frage.

25

Des Weiteren ist vorgesehen, dass zumindest einer der Sensoren zum Positionieren zumindest eines anderen Sensors innerhalb seines Arbeitsbereichs benutzt wird.

30 Ferner kann zumindest einer der Sensoren zur Vermeidung einer Kollision weiterer beteiligter Sensoren verwendet werden.

Bei der Nutzung eines Bildverarbeitungssensors können verschiedene Beleuchtungsanordnungen wie Auflicht oder Durchlicht verwendet werden.

5 Bevorzugte Ausführungsformen sehen vor, dass bei Verwendung eines optotaktil arbeitenden Tasters mit einem Tastelement zur Tastelementkorrektur erforderliche Antastrichtung aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird bzw. dass für das Tastelement erforderliche Antastrichtung eines oder des berührenden Tasters aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird.

10 Nach einer Ausgestaltung der Erfindung wird zumindest ein Bildverarbeitungssensor auf Basis eines mit einem Abstandssensor ermittelten Messwertes scharf gestellt.

15 Ein Bildverarbeitungssensor kann auf Basis eines mit einem berührenden Taster ermittelten Messwertes scharf gestellt werden. Nach einem weiteren Vorschlag erfolgt ein Scanvorgang innerhalb eines Schrittes, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen online erfolgt. Alternativ kann der Scanvorgang in mehreren Einzelschritten erfolgen, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen nicht schritthaltend mit dem Scanning erfolgt.

20 Auch zeichnet sich die Erfindung dadurch aus, dass mit einem Sensor zuerst eine Kontur in einer Ebene gescannt und mit einem anderen Sensor dritte Koordinate zu der Kontur bzw. Ebene oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur erfasst wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur Verfahrensregel definieren.

25 Ferner kann eine Scanebene a priori definiert und ein Abstandssensor derart in der Ebene verfahren werden, dass der Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

Die Scanvorgänge selbst können auf einem oder mehreren Koordinatënmessgeräten durchgeführt werden.

30

Bei der Verwendung eines Bildverarbeitungssensors als einer der Sensoren kann ein solcher zum Einsatz gelangen, bei dem die Vergrößerung verändert wird.

Insbesondere wird eine Kombination von Sensoren wie Bildverarbeitung mit Laser (Abstandsmesssystem) und/oder Bildverarbeitung mit berührendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit Fasertaster bzw. optotaktil arbeitendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit einer Bildverarbeitung mit verschiedenen Auflösungen und/oder Bildverarbeitung mit verschiedenen Ansichten und/oder Laser mit berührendem Taster und/oder Laser mit Fasertaster wie optotaktil arbeitendem Taster und/oder berührendem Taster mit Fasertaster wie optotaktil arbeitendem Taster und/oder berührenden Taster mit berührendem Taster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten und/oder Fasertaster mit Fasertaster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten verwendet.

Erfindungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen auch dadurch gelöst, dass die Kontur mittels eines Tasters und einem diesem zugeordneten optischen Sensor optotaktil gemessen wird und dass der Taster in Bezug auf seine Bewegung entlang der Kontur mittels eines Bildverarbeitungssensors gesteuert wird.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren beschrieben, mit taktil-optischen Mikrotastern ein Scanning dadurch zu realisieren, dass für die eigentliche Scannbewegung, d.h. die Bewegung des Tasters die Verfahrensweisen eines Bildverarbeitungsscanners herangezogen werden. So wird die Kontur des zu messenden Objektes mittels Bildverarbeitungsscanning verfolgt. Die eigentlichen Messpunkte werden durch gleichzeitig bzw. seriell anschließende Messungen mit einem oder mehreren taktil-optischen Tastern realisiert. Es lassen sich somit die Vorteile des kontinuierlichen Bildverarbeitungsscannings mit den Vorteilen der Messbarkeit von Flanken an Messobjekten mittels taktil-optischer Taster für filigrane Strukturen realisieren.

Insbesondere wird das Verfahren auf einem Koordinatenmessgerät durchgeführt, wobei die Regelung bzw. Steuerung des Scanvorganges des Koordinatenmessgerätes über den Bildverarbeitungssensor und die Erfassung der Messpunkte über einen taktil-optischen Taster realisiert werden.

In bevorzugter Ausführungsform wird für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor und das Messen der Messpunkte mit dem taktiloptischen Sensor die gleiche Bildverarbeitungsoptik, Kamera und Elektronik verwendet.

- 5 Ferner besteht die Möglichkeit, für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor einen separaten optischen Strahlengang zu verwenden.

- 10 Des Weiteren können der Bildverarbeitungssensor und der taktiloptische Sensor so in einem Strahlengang integriert werden, dass für beide Sensoren angepaßte unterschiedliche Vergrößerungen erzielt werden.

Die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor kann im Durchlicht oder im Auflicht erfolgen, wobei gleichzeitig die Messung mit dem opto-taktilen Sensor alternativ im Durchlicht- oder Auflichtmodus erfolgt.

- 15 Sofern ein Taster mit einem kugelförmigen Tastelement verwendet wird, kann die für die Tastkugelformkorrektur erforderliche Antastrichtung des taktil-optischen Tasters aus der Bildverarbeitungskonturverfolgung generiert werden.

- 20 Ferner können sich die für die Konturverfolgung eingesetzten Bildverarbeitungsfenster überlappen.

- 25 Eine Konturverfolgung können mit einem Bildverarbeitungsscanner erfolgen und in vorher definiertem Abstand zu der so verfolgten Kontur mit einem weiteren Abstandssensor die Höhe des Messobjektes erfaßt werden.

- 30 Die Bildverarbeitungssensorik selbst kann auf der Grundlage eines mit einem Abstandssensor ermittelten Messwertes scharf gestellt werden, wobei als Abstandssensor ein Laserabstandssensor zum Einsatz gelangen kann, der seinerseits gegebenenfalls in den Strahlengang des Bildverarbeitungssensors integriert wird.

Insbesondere ist vorgesehen, dass zuerst mit einem Sensor eine Kontur in einer Ebene gescannt wird und dann mit einem weiteren Sensor die Dritte Koordinate zu dieser Kontur (Ebene) oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur gescannt wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur die Verfahrenswege definieren.

5

Ferner kann eine Scannebene im Vornhinein in Werkstückkoordinaten definiert und der Abstandssensor in dieser Ebene so verfahren werden, dass der Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

10

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in Kombination –, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

15

In der einzigen Figur ist rein prinzipiell eine Werkstückkontur 1 dargestellt, die mit einem kombinierten opto-taktilen Taster 2 und einem Bildverarbeitungssensor 3 gescannt wird.

20

Das Verfolgen der Werkstückkontur erfolgt in Scanrichtung 6 durch Aneinanderreihen verschiedener Bildverarbeitungspositionen, die aus dem Konturverlauf im jeweils aktuellen Bildverarbeitungsfenster ermittelt werden. Es wird hierzu im Beispiel im Aufsicht eine Kontur parallel der zu messenden Kontur gescannt 4. Die Messpunkte an der eigentlich zu messenden Kontur werden mit einem taktil-optischen Taster gleichzeitig aufgenommen 5. Dabei erfolgt das opto-taktile Messen in einer Art, wie dieses z.B. in der EP 0 988 505 B1 beschrieben ist, auf dessen Offenbarung ausdrücklich Bezug genommen wird.

25

## Patentansprüche

5

### Verfahren zum scannenden Messen einer Kontur eines Werkstücks

1. Verfahren zum scannenden Erfassen bzw. Messen einer Kontur bzw. einer Geometrie eines Werkstücks,

10

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kontur bzw. Geometrie des Werkstücks mit Hilfe von zumindest zwei Sensoren erfasst wird und dass gewonnene Informationen mindestens eines Sensors zur Beeinflussung mindestens eines anderen Sensors in seinen Aktionen benutzt werden.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass als zumindest ein Sensor ein Bildverarbeitungssensor verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

20

dadurch gekennzeichnet,

dass als zumindest ein Sensor ein berührend messender Taster verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

25

dass als zumindest ein Sensor ein berührungslos arbeitender Abstandssensor verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

30

dass als zumindest einer der Sensoren ein faseroptischer Taster verwendet wird.



6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zumindest einer der Sensoren zum Positionieren zumindest eines anderen Sensors  
5 innerhalb seines Arbeitsbereichs benutzt wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zumindest einer der Sensoren zur Vermeidung einer Kollision weiterer beteiligter  
10 Sensoren verwendet wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass für zumindest einen Bildverarbeitungssensor verschiedene Beleuchtungsanord-  
15 nungen wie Auflicht oder Durchlicht verwendet werden.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Verwendung eines optotaktil arbeitenden Tasters mit einem Tastelement zur  
20 Tastelementkorrektur erforderliche Antastrichtung aus Informationen eines weiteren  
Sensors generiert wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass für das Tastelement erforderliche Antastrichtung eines oder des berührenden Ta-  
sters aus Informationen eines weiteren Sensors generiert wird.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass zumindest ein Bildverarbeitungssensor auf Basis eines mit einem Abstandssensor  
ermittelten Messwertes scharf gestellt wird.

12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass zumindest ein Bildverarbeitungssensor auf Basis eines mit einem berührenden Taster ermittelten Messwertes scharf gestellt wird.

5

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Scanvorgang innerhalb eines Schrittes erfolgt, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen online erfolgt.

10

14. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Scanvorgang in mehreren Einzelschritten erfolgt, wobei die Verarbeitung der Sensorinformationen nicht schritthaltend mit dem Scanning erfolgt.

15

15. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass mit einem Sensor zuerst eine Kontur in einer Ebene gescannt und mit einem anderen Sensor dritte Koordinate zu der Kontur bzw. Ebene oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur erfasst wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur Verfahrensregel definieren.

20

16. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Scanebene a priori definiert wird und ein Abstandssensor derart in der Ebene verfahren wird, dass Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

25

30

17. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der oder die Scanvorgänge auf einem oder mehreren Koordinatenmessgeräten durchgeführt werden.

5

18. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass es sich bei zumindest einem der Sensoren um einen Bildverarbeitungssensor handelt, bei dem die Vergrößerung verändert wird.

10

19. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Kombination von Sensoren wie Bildverarbeitung mit Laser (Abstandsmesssystem) und/oder Bildverarbeitung mit berührendem Taster und/oder Bildverarbeitung

15

mit Fasertaster bzw. optotaktil arbeitendem Taster und/oder Bildverarbeitung mit einer Bildverarbeitung mit verschiedenen Auflösungen und/oder Bildverarbeitung mit ver-

schiedenen Ansichten und/oder Laser mit berührendem Taster und/oder Laser mit Fa-

sertaster wie optotaktil arbeitendem Taster und/oder berührendem Taster mit Faserta-

20

taster wie optotaktil arbeitendem Taster und/oder berührenden Taster mit berührendem Taster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten und/oder Fasertaster mit Fasertaster mit verschiedenen Tastelementen bzw. Empfindlichkeiten verwendet wird.

20. Verfahren nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche zum

25

scannenden Messen einer Kontur eines Werkstücks,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kontur mittels eines entlang dieser bewegten Tasters und einem diesem zugeordneten optischen Sensor opto-taktil gemessen wird und dass die Bewegung des Tasters entlang der Kontur mittels eines Bildverarbeitungssensors gesteuert wird.

30

## 21. Verfahren nach Anspruch 20,

dadurch gekennzeichnet,

dass zum scannenden Messen der Werkstückskontur sowohl die Messergebnisse eines taktiloptischen Tasters als auch die eines Bildverarbeitungssensors herangezogen werden.

## 22. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Messvorgang auf einem Koordinatenmessgerät durchgeführt wird.

## 23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Regelung des Scannvorganges des Koordinatenmessgerätes über den Bildverarbeitungssensor und die Erfassung der Messpunkte über einen taktil-optischen Taster realisiert wird.

## 24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor und das Messen der Messpunkte mit dem taktiloptischen Taster die gleiche Bildverarbeitungsoptik, Kamera und Elektronik verwendet wird.

## 25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass für die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor ein separater optischer Strahlengang verwendet wird.

## 26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass Bildverarbeitungssensor und taktil-optischer Taster so in einem Strahlengang integriert werden, dass für beide Sensoren angepasste unterschiedliche Vergrößerungen erzielt werden.

27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Konturverfolgung mit dem Bildverarbeitungssensor im Durchlicht oder im  
5      Auflicht erfolgt, wobei gleichzeitig die Messung mit dem taktiloptischen Sensor alternativ im Durchlicht oder Auflichtmodus erfolgt.

28. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

10      dass die für die Tastkugelkorrektur erforderliche Antastrichtung des taktiloptischen Tasters aus der Bildverarbeitungs-konturverfolgung generiert wird.

29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

15      dass sich die für die Konturverfolgung eingesetzten Bildverarbeitungs-fenster überlappen.

30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

20      dass die Konturverfolgung mit einem Bildverarbeitungsscanner erfolgt und in vorher definiertem Abstand zu der so verfolgten Kontur mit einem weiteren Abstandssensor die Höhe des Messobjektes erfasst wird.

31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

25      dadurch gekennzeichnet,

dass die Bildverarbeitungssensorik auf der Grundlage eines mit einem Abstandssensor ermittelten Messwertes scharf gestellt wird.

32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30      dadurch gekennzeichnet,

dass als Abstandssensor ein Laserabstandssensor zum Einsatz kommt.

33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Laserabstandssensor im Strahlengang des Bildverarbeitungssensors integriert wird.

5

34. Verfahren zum Scannen von Werkstückkonturen,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zuerst mit einem Sensor eine Kontur in einer Ebene gescannt wird und dann mit einem weiteren Sensor die dritte Koordinate zu dieser Kontur oder zu einer hierzu im Versatz befindlichen Kontur gescannt wird, wobei die Messpunkte der ersten Kontur die Verfahrenswege definieren.

10

35. Verfahren zum Scannen einer Kontur mit Abstandssensoren,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Scannebene im Vorhinein in Werkstückkoordinaten definiert wird und der Abstandssensor in dieser Ebene so verfährt, dass der Abstandswert eine Konstante ist, wobei das Verfahren nicht in Achsrichtung des Sensors erfolgt.

15

20

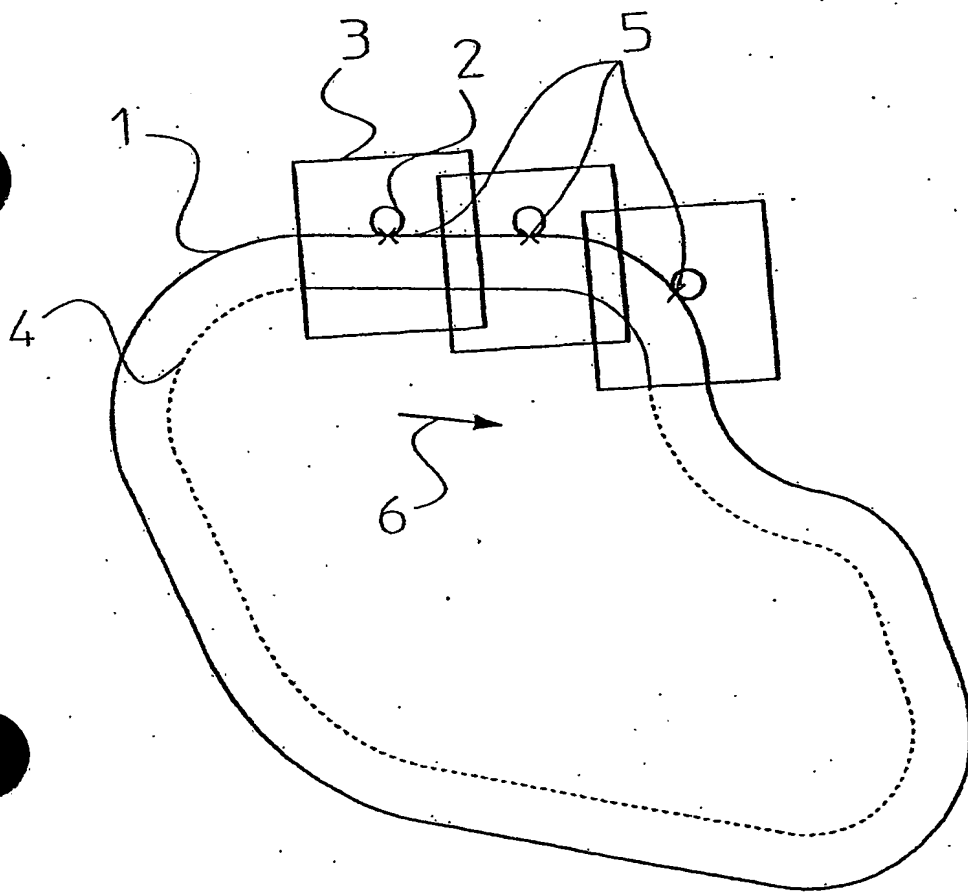


Fig. 1